

Comments on Heterotic Flux Compactifications

Korea Institute for Advanced Study 木村 哲士

E-mail: tetsuji@kias.re.kr

10次元時空上で定義される $E_8 \times E_8$ ヘテロティック弦はその提唱直後から非常に深く研究されている。中でも Candelas et.al. [1] による Calabi-Yau コンパクト化のシナリオは、カイラルフェルミオンを含み、特定の世代数を持つ大統一理論を“簡単に”導出するものとして大変な衝撃を与えたが、時空を伝播する dilaton Φ や Kalb-Ramond 場 B などは自明な背景場を仮定していた。非自明な値を持つ場合の議論は Strominger [2] が直後に行っている。この議論はインフレーション宇宙論との強い関連が期待される。そして我々の研究 [3] では、もう一度ヘテロティック弦に戻り、数学的な厳密性を基にして理論の真空構造を再検証しようと試みた。

時空間 $\mathcal{M}^{9,1} = \mathcal{M}^{3,1} + \mathcal{M}_6$ 上に非自明な背景場 Φ や B が存在すると、これらのフラックス $d\Phi$ 及び $H = dB + \dots$ はコンパクト化される空間 \mathcal{M}_6 に影響を及ぼす。具体的には Φ は warp factor、 H は torsion として解釈される。物理的な4次元時空 $\mathcal{M}^{3,1}$ では等価原理のためにこれらの場はゼロになるが、 \mathcal{M}_6 方向にその制限はないため torsion は非自明でもよく、このため Calabi-Yau 多様体よりも複雑な構造を持つ “ $SU(3)$ -structure manifold” が登場する。torsion があるため、これは Riemann-Cartan 多様体である。このコンパクト化において最も顕著な特性は、Bianchi 恒等式 $dH = \alpha' [\text{tr}\{R(\omega_+) \wedge R(\omega_+)\} - \text{tr}\{F \wedge F\}]$ との整合性から次の制限が得られる事である:

- $dH = 0$ の条件下、滑らかな多様体にコンパクト化すると、 $d\Phi, H$ は非自明な値を持つことができず、全てゼロになる。ゲージ群の破れ $E_8 \rightarrow E_6 \times SU(3)$ より、 E_6 が大統一で登場する。($SU(3)$ は spin connection ω を通じて幾何に吸収される。)
- $dH = 0$ の条件下、端や特異点を持つ多様体でコンパクト化すると、フラックスは非自明な値を許す。ゲージ群は $E_8 \rightarrow SO(10) \times SO(6)$ という破れを起こし、 $SO(10)$ 大統一が登場する。($SO(6)$ は spin connection $\omega_+ = \omega + H$ を通じて幾何に吸収される。)
- $dH \neq 0$ の場合も考察可能で、このとき $\text{tr}\{F \wedge F\}$ と $\text{tr}\{R \wedge R\}$ を適当にバランスさせる事で、非自明な背景場 $\Phi, d\Phi, H$ を許す滑らかな多様体にコンパクト化できる。

References

- [1] P.Candelas, G.T.Horowitz, A.Strominger and E.Witten, “*Vacuum Configurations for Superstrings,*” Nucl. Phys. B **258** (1985) 46.
- [2] A.Strominger, “*Superstrings with Torsion,*” Nucl. Phys. B **274** (1986) 253.
- [3] T.Kimura and P.Yi, “*Comments on Heterotic Flux Compactifications,*” JHEP **07** (2006) 030, hep-th/0605247.